

**В. Н. Зверковский¹, д-р биол. наук, проф.,
Ю. Н. Кузенко²**

*¹Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
г. Днепропетровск, Украина*

*²Государственное учреждение «Государственный научно-исследовательский
и проектный институт основной химии», г. Харьков, Украина,
e-mail: project@niochim.kharkov.ua*

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ЭТАПУ ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ И ИХ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

**V. N. Zverkovsky¹, Dr. Sci. (Biol.), Professor,
Yu. N. Kuzenko²**

¹Oles Gonchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine

*²State Institution "State Scientific-Research Institute of Basic Chemistry", Kharkiv,
Ukraine, e-mail: project@niochim.kharkov.ua*

REQUIREMENTS FOR TECHNICAL STAGE OF FOREST RECULTIVATION AND THEIR IMPLEMENTATION

On the disturbed industrial areas the main technogenesis factors change natural environment drastically, thereby the emerged anthropogenic landscapes are unsuitable for biological development. On the preparatory stage of recultivation the system examination of disturbed areas and the projection of recultivation activities are conducted. On the next technological and biological stages of recultivation of disturbed lands in Western Donets Basin forest experimental cultures on the mine dumps is established. Utilization of mine rocks is carried out through their filling the local hollows which had arose in consequence of subsidence. On the flat part of the dumps and on the slopes of different steepness various kinds of artificial soil from delivered sand, loam and chernozem with thickness of 0–2 m are established. The total area of experimental allotments is 76 ha where 30 wood and shrub species are tested.

The optimum shape, configuration and angles of waste dump slopes are evaluated. Physical, chemical, ecological properties and forest vegetation effect of waste dump and artificial soils were studied. It is given the assessment of the appropriateness and effectiveness of usage of various agriculture substrata getting from local resources on unhandy lands, where industrial soil disturbance in mining leases is planning.

The optimum capacity and the stratigraphical structure of recultivation layer are experimentally determined.

On the experimental areas almost full neutralization of waste dump negative influence on natural environment is reached. Microclimatic characteristics of different types of plantations, peculiarities of dunnage forming and living soil cover development indicate of positive environment formation of experimental forest cultures. Phytoreclamation effect of different composition and construction is defined in comparison. This allows revealing perspective types of forest cultures on waste dump.

For systematization of forest plantation conditions on different variants of recultivation the principals of forest typology, artificial forests, developed by A. L. Belgard (1960), are used and supplemented.

The variants of artificial soils with high forest growth effect are proposed.

Key words: technogenesis, soil disturbance, artificial soils, forest recultivation.

**В. Н. Зверковский¹, д-р биол. наук, проф.,
Ю. Н. Кузенко²**

¹*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
г. Днепропетровск, Украина*

²*Государственное учреждение «Государственный научно-исследовательский
и проектный институт основной химии», г. Харьков, Украина,
e-mail: project@niochim.kharkov.ua*

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ЭТАПУ ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ И ИХ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Анализируются основные требования к техническому этапу лесной рекультивации и методы их обеспечения с целью создания оптимальных условий для биологического освоения нарушенных земель.

Ключевые слова: техногенез, нарушенные земли, искусственные почво-грунты, лесная рекультивация.

**В. М. Зверковский¹, д-р биол. наук, проф.,
Ю. М. Кузенко²**

¹*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
м. Дніпропетровськ, Україна*

²*Державна установа «Державний науково-дослідний і проектний інститут
основної хімії», м. Харків, Україна, e-mail: project@niochim.kharkov.ua*

ВИМОГИ ДО ТЕХНІЧНОГО ЕТАПУ ЛІСОВОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ТА ЇХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Аналізуються основні вимоги до технічного етапу лісової рекультивациі і методи їх забезпечення з метою створення оптимальних умов для біологічного освоєння порушених земель.

Ключові слова: техногенез, порушені землі, штучні ґрунти, лісова рекультивациія.

Рекультивация нарушенных земель Западного Донбасса предусматривает создание лесных массивов на шахтных отвалах. При этом, с одной стороны, решается вопрос по утилизации шахтных пород путём заполнения ими углублений, возникших вследствие просадки (вместо складирования пород в терриконы), с другой – воссоздания лесных экосистем Присамарья, обладающих защитными и рекреационными свойствами.

Участки лесной рекультивации в конечном итоге должны создавать единую зеленую зону. Это будет способствовать положительному средообразующему воздействию лесных экосистем, а также создаст условия для осуществления механизированного комплекса лесокультурных мероприятий.

В лесной рекультивации ведущее значение приобретает форма, конфигурация, стратиграфия насыпных отвалов. С точки зрения восстановления мелиоративных и рекреационных лесных насаждений в условиях угольных бассейнов Украины наиболее целесообразно формирование платообразных (плоских) террикоников, имеющих площадь свыше 10 га и правильную геометрическую форму, максимально приближающуюся к квадрату или прямоугольнику.

Угол откоса формирующегося отвала определяется на основе конкретного учёта природной обстановки. Формирование отвалов с пологими откосами увеличивает площади земель, которые отводятся для нужд отвалообразования. В то же время на отвалах с крутыми склонами интенсивно развиваются эрозинные процессы. Кроме того, значительно усложняются условия применения техники, необходимой на

биологическом этапе рекультивации при посадке и уходе за насаждениями. Если угол откоса превышает $11-13^\circ$, механизация лесопосадочных и лесокультурных работ практически исключается, что значительно снижает эффективность биологического этапа рекультивации.

В связи с конкретными требованиями ландшафтного строительства возможно формирование плоских отвалов, имеющих сложную конфигурацию, различные углы откосов по периметру (соответственно и различную площадь откосов), а также некоторый уклон поверхности отвалов. При этом оптимальный уклон плоской части – не более $2-3^\circ$. Как показывает опыт, увеличение уклонов приводит к заметному иссушению участков в результате дренирования.

При формировании подобных отвалов следует учитывать, что в условиях засушливого климата степной зоны более выгодными для облесения будут склоны северной и западной экспозиции, т.к. они в меньшей степени прогреваются и иссушаются ветром в летнее время. При этом площадь откосов, где будет наблюдаться та или иная степень экологического соответствия леса условиям местообитания, будет зависеть от ориентировки отвала в широтно-меридиональном направлении.

В формирующихся отвалах следует избегать размещения в верхних, близких к дневной поверхности слоях, частично перегоревших, неветренных пород или отходов углеобогащения, как пиритсодержащих и чрезмерно засоленных субстратов.

Поверхность пород отвалов часто образует водоупорный слой. И в то же время отвалы, имеющие уклон, интенсивно дренируются, что способствует образованию аридускул, в понимании А. Л. Бельгарда (1971). Всё это приводит к значительным потерям влаги, являющей одним из дефицитных факторов степной зоны. Потому на техническом этапе рекультивации целесообразно формирование системы соединяющихся искусственных потускул, где поверхность отвала образует своеобразные выемки, впадины, «блюдца», способствующие накоплению влаги и постепенному расходованию её в засушливый период.

В целях успешного осуществления лесомелиорации шахтных отвалов необходима искусственная регенерация почвенного покрова. Вопросы создания оптимальных конструкций антропогенных почв на шахтных отвалах становятся в ряд первоочередных научных и практических задач. При этом основной целью является создание таких стратиграфических вариантов насыпки, которые отличались бы высоким лесорастительным эффектом и экономической рентабельностью. Исходным материалом при этом являются характеристики зональных высокопродуктивных лесных эдафотопов. Каждая конструкция искусственных антропогенных почв представляет собой своеобразную модель, созданную с учётом строения почвенного профиля определённых естественных эдафотопов, особенностей насыпных субстратов и технико-экономических условий рекультивации.

Лесорастительный эффект искусственных почво-грунтов определяется совокупностью всех особенностей насыпных слоев в их взаимодействии. Определение оптимальных стратиграфических вариантов трансплантируемых слоев становится возможным на основе анализа результатов полевых опытов.

На основании данных ряда авторов (Масюк, 1974) и наших материалов (Травлеев, 1989) по убыванию лесорастительных свойств горные породы можно расположить в следующий ряд: лессовидные суглинки и лессы – красно-бурые глины – песчаноглинистые отложения или подобные им технические смеси – зеленовато-серые мергелевые глины – третичные сланцевые чёрные глины.

В зависимости от конкретных условий и направлений рекультивации возможно формирование различных вариантов искусственных почво-грунтов. Основными критериями их плодородия следует считать гранулометрический состав, водно-физические свойства, показатели засоленности и кислотности, наличие гумуса и обеспеченность элементами питания.

Учитывая различия пород по основным, самым общим параметрам, следует отметить, что чернозёмы, снятые с отчуждённых для горных работ угодий, безусловно, следует сохранять и использовать для нанесения на дневную поверхность рекультивируемых участков. При этом нецелесообразно разбавление чернозёма путем смешивания с суглинками или другими породами. Высоким плодородием обладают также темноокрашенные суглинистые слои погребенных почв.

Лессовидные карбонатные суглинки являются потенциально плодородными породами и могут использоваться для создания рекультивационного, корнеобитаемого слоя. При лесохозяйственном направлении рекультивации целый ряд древесных культур на суглинках по продуктивности не уступает вариантам с насыпным чернозёмом. Поэтому целесообразно создание бесчернозёмных вариантов насыпки на участках лесной рекультивации, в частности на шахтных отвалах. Однако при формировании лесопарков в техногенных условиях необходимо создание гумусированных горизонтов. Их применение, даже при малой мощности гумусового слоя, активирует микробиологические процессы и способствует ускоренному накоплению элементов питания.

Пески третичные, добываемые для рекультивации в карьерах, обладают положительными водно-физическими свойствами. Их низкое плодородие определяется, в первую очередь, дефицитом элементов питания. Поэтому такие песчаные субстраты не следует использовать при создании корнеобитаемых горизонтов. Более положительный эффект можно получить применением песков в смеси с суглинками и глинами.

Красно-бурые глины обладают комплексом отрицательных водно-физических свойств и мы не рекомендуем их использование в рекультивационных слоях, т. к. по классификации Н. А. Сидельника (1960) они относятся к породам нелесопригодным. Однако, красно-бурые глины можно использовать для создания водоупорных горизонтов и оптимизации водного режима. При этом в насыпных почво-грунтах, подстилаемых красно-бурыми глинами, идёт накопление влаги в осенне-зимний период и её постепенное расхождение весной и летом. В таких условиях возможно выращивание влаголюбивых лесных или сельскохозяйственных культур.

Нецелесообразно также применение лугово-солончаковых субстратов, часто возникающих как продукт вторичного засоления почв в зонах просадки шахтных полей, у которых сухой остаток намного превышает 0,3 %, а в поглощающем комплексе превалирует натрий. Они плохо поддаются обработке, имеют пылеватую структуру, при увлажнении превращаются в тестоподобную массу, лишенную почвенного воздуха.

На рекультивируемых отвалах водоупорные свойства шахтной породы обуславливают накопление влаги в слоях насыпки и возрастание влажности почв с глубиной. Особенно возрастает влажность в нижних слоях, контактирующих с шахтной породой, весной и в первой половине лета.

Мощность рекультивационного слоя должна обеспечить оптимальный экологический объём местообитаний, при этом верхние, корнеобитаемые горизонты должны быть обеспечены запасами влаги и питательных веществ для устойчивого, прогрессивного развития растительных сообществ в течение всего вегетационного периода.

В большинстве случаев запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы больше на вариантах почво-грунтов с мощностью 1,5–2,0 м по сравнению с насыпками общей мощностью 1 м и менее. С насыпкой мощностью 120–200 см влажность менее подвержена сезонным колебаниям и её режим более оптимальный, чем на маломощных грунтах.

Созданные эдафотопы часто отличаются дефицитом увлажнения. Локальный коэффициент увлажнения (ЛКУ), определённый по методике Л. П. Травлеева (1988) достигает 0,4–0,5. Однако на плоской части отвалов с незначительным уклоном (до 2°) применение насыпки с достаточным экологогидрологическим

объёмом (выше 120 см) сдвигает градации увлажнения от сухих и суховатых к свежеватым и свежим. Здесь ЛКУ=0,9–1,0.

В условиях степной зоны Украины создание искусственных почво-грунтов общей мощностью менее 0,8 м нецелесообразно, т.к. они не имеют достаточного почвенно-гидрологического объёма для прогрессивного накопления влаги и элементов питания. Оптимальные лесорастительные условия складываются при общей мощности насыпного слоя 120–180 см, когда достигается необходимый почвенно-экологический объём; дальнейшее увеличение мощности рекультивационного слоя (до 2-х и более метров) не приводит к достоверному возрастанию показателей продуктивности экспериментальных лесных культур.

Различия в мощности и составе искусственных почво-грунтов определяют и показатели биологической продуктивности на вариантах опыта. В свою очередь различна здесь и степень эдифицирующего влияния экспериментальных лесных культур. Об этом свидетельствуют микроклиматические показатели различных типов насаждений, особенности формирования подстилочного комплекса и развития живого напочвенного покрова. К настоящему времени развития биогеогоризонты насаждений имеют заниженные температуры по сравнению с безлесными участками, что препятствует проникновению под полог насаждений степных ксерофильных растений. Определен в сравнении фитомелиоративный эффект насаждений различного состава и конструкции, что позволило выявить перспективные типы лесных культур на шахтных отвалах.

С целью дифференцированной оценки созданных вариантов искусственного эдафотопы и типов лесных культур в эксперименте, наряду с приживаемостью древесных и кустарниковых растений, изучена их жизненность, динамика показателей прироста надземной фитомассы, развития подземных органов, взаимодействия их с шахтными породами.

Для инвентаризации и оценки лесорастительных условий шахтных отвалов и насыпных почво-грунтов, характерных для Западного Донбасса, мы использовали принципы типологии, разработанные А. Л. Бельгардом. Лесорастительные условия рекультивируемых земель, прежде всего, разделяются на отвалы без искусственных почво-грунтов и шахтные отвалы с нанесением почво-грунтов мощностью до 1,2–1,5 м. Отвальные породы разделяются на шахтные и поступившие с центральной обогатительной фабрики, без первоначального засоления и с засолением. Насыпные почво-грунты могут быть представлены по гранулометрическому составу песками, супесями, суглинками, глинами; по стратиграфии – однослойными, двуслойными, трёхслойными и т.д. Все горизонты мощностью 30–50 см. Каждый слой может быть без засоления и с засолением, с гумусом и без него. Для каждого типа лесорастительных условий определяется оптимальная световая структура будущего насаждения – теневая, полутеневая, полусветлённая, осветлённая, выражающая масштабы положительного среднеобразующего воздействия лесной растительности на исходную техногенную обстановку. Избранная световая структура комплектуется составом древостоя, который должен экологически наиболее соответствовать конкретным условиям местообитания. В перечне деструктивных эдафотопов даётся характеристика по увеличению увлажнения и усложнению стратиграфических особенностей, гранулометрического состава и химизма.

Средообразующее влияние лесных насаждений и прогрессивное развитие первичного почвообразования обуславливают положительную динамику лесорастительных условий на рекультивируемых отвалах.

С учётом показателей продуктивности и особенностей развития экспериментальных насаждений для рекультивации шахтных отвалов рекомендуется следующие перспективные древесные и кустарниковые растения: можжевельник виргинский, белая акация, лох узколистный, вяз перистоветвистый, тополя: Болле, чёрный, Новоберлинский, береза бородавчатая, ива белая, клён остролистный, смородина золотистая, облепиха крушиновая. При этом на лессовидном суглинке

культуры акации белой, берёзы бородавчатой и облепихи крушиновой не менее продуктивны, чем на чёрноземах. Культуры из дуба черешчатого следует создавать на средних суглинках после естественной усадки насыпных почво-грунтов. Ивы, тополя, облепиху крушиновую, березу бородавчатую целесообразно размещать в более увлажненных позициях (нижние части склонов, искусственные потускулы, берега водоёмов и др.).

В соответствии с основными разработками степного лесоведения о типах лесных культур в жестких условиях среды на шахтных отвалах следует создавать массивы из чистых культур без смешения. На участках лесной рекультивации необходимо форсировать процесс формирования и смыкания древесного полога, что создает условия для развития биологического круговорота веществ, свойственного лесным экосистемам и противостоит агрессивности сорно-степных растений.

При конструировании рекультивационного слоя отвалы из водоупорных шахтных пород формируются таким образом, что рельеф их поверхности даёт возможность механизировать все работы технического и биологического этапов рекультивации и способствует аккумуляции осенне-зимних осадков, при этом в значительной степени повышается влагообеспеченность искусственных почво-грунтов. Перекрытие отвалов предотвращает химическое и термическое выветривание и самовозгорание шахтных пород и способствует практически полной нейтрализации их отрицательного влияния на окружающую природную среду.

На экспериментально-производственных участках лесной рекультивации шахтных отвалов нами разработаны следующие варианты искусственных почво-грунтов, которые обладают высоким лесорастительным эффектом:

- 1) чернозём 0,2 м, лесс 0,6 м, песок 0,4 м;
- 2) супесь 0,2 м, чернозём 0,3 м, лесс 0,5 м, песок 0,2 м;
- 3) лесс 0,6 м, песок 0,6 м;
- 4) чернозём 0,1 м, лессовидный суглинок 0,7 м, песок 0,3–0,7 м;
- 5) песок или супесь 0,2 м, чернозём 0,4 м, лессовидный суглинок 0,4 м, песок 0,3 м;
- б) супесь 1,2–1,5 м;
- 7) супесь 0,3 м, лессовидный суглинок 0,7 м, песок 0,4 м.

Варианты 2 и 5 представляют модели почво-грунтов с погребенными чернозёмами, которые в естественных условиях отличаются хорошим лесорастительным эффектом. Основная масса корней древесных растений обычно распространяется в горизонте 20–60 см, а в данных вариантах этот горизонт представлен наиболее плодородным субстратом. Пески на дневной поверхности превращают поверхностный сток в глубинный и из-за отсутствия капилляров удерживают в себе запасы влаги. Погребенные чернозёмы под песчаным горизонтом предохраняются от растрескивания и образования корки, обычно способствующей значительному иссушению почвы.

Отсыпку искусственных почво-грунтов целесообразно выполнять с минимальным разрывом во времени после формирования насыпных отвалов. При этом в шахтных породах прекращаются окислительные процессы, приводящие к образованию фитотоксичных соединений. Применение различных вариантов насыпных субстратов приводит к созданию своеобразных по структурно-функциональным особенностям эдафотопов. Возникшие слои резко отличаются друг от друга по своим качествам, природе, генезису, часто имеют чёткие границы между слоями, характеризуются случайными, несложившимися связями. Это качественно отличает их от генетических горизонтов естественных почв.

Суглинки, супеси, пески определяют потенциальное плодородие возникших эдафотопов. Слой песка на поверхности шахтных пород выполняет роль экрана, который препятствует капиллярному поднятию и адсорбции токсичных соединений шахтной породы вышележащими, более плодородными слоями. Насыпка чернозёма

даже при незначительной мощности улучшает условия для приживаемости лесных культур и, обладая комплексом специфических микроорганизмов, интенсифицирует почвообразовательный процесс. Супеси, нанесённые поверх чернозёма, препятствуют развитию сорной растительности и оптимизируют режим влажности насыпного слоя, облегчают обработку почв.

Созданные варианты искусственных почво-грунтов имеют значительные качественные различия с естественными эталонными почвами, нарушенными деструктивными почвами, а также друг с другом. Они отличаются от естественных почв значительной олиготрофностью. И лишь на вариантах, где имеется 20–50 см чернозёма, иногда с признаками засоления, условия трофности близки к естественным почвам.

Создание лесных сообществ в условиях явного экологического несоответствия между растительностью и средой обитания (Бельгард, 1971), может достигнуть успеха в адаптации и силватизации компонентов лишь при правильной конструкции лесных насаждений. При этом необходимо использовать типологию А. Л. Бельгарда (1971) с учётом: 1) типа лесорастительных условий; 2) типа экологической структуры; 3) типа древостоя.

На участках лесной рекультивации эти таксономические показатели являются в значительной степени динамичными и в то же время более управляемыми по сравнению с искусственными насаждениями степной зоны на ненарушенных землях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

Бельгард А. Л. Лесная растительность юго-востока УССР / А. Л. Бельгард. – К. : Изд-во Киевского ун-та, 1950. – 263 с.

Belgard, A. L., 1950, "Forest vegetation south-east of Ukraine", Kyiv, Kiev University, 263 p.

Бельгард А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М. : Лесн. пром-сть, 1971. – 316 с.

Belgard, A. L., 1971, "Steppe forest science", Moscow, Forest Industry, 316 p.

Масюк Н. Т. Особенности формирования естественных и культурных фитоценозов на вскрышных горных породах в местах производственной добычи полезных ископаемых / Н. Т. Масюк // Рекультивация земель. – Д., 1974. – С. 27-65.

Masuk, N. T., 1974, "Peculiarities of cultural and natural plant communities in the overburden rocks in the field of industrial mining", *Remediation*, Dnepropetrovsk, pp. 27–65.

Сидельник Н. А. Некоторые вопросы массивного лесоразведения в степи и перспективные типы лесных культур для степной зоны УССР / Н. А. Сидельник // Искусственные леса степной зоны Украины. – Х. : ХГУ, 1960. – С. 85-133.

Sidelnyk, N. A., 1960, "Some problems of massive afforestation in the steppe and promising types of forest plantations for the steppe zone of the Ukrainian SSR", *Artificial forest steppe zone of Ukraine*, Kharkov, KSU, pp. 85–133.

Травлев А. П. Биологические особенности охраны лесных биогеоценозов и лесной рекультивации техногенных ландшафтов Западного Донбасса / А. П. Травлев, В. Н. Зверковский, Н. Н. Цветкова и др. // Проблемы охраны, рационального использования и рекультивации черноземов. – М. : Наука, 1989. – С. 175-207.

Travleev, A. P., Zverkovsky, V. N., Tsvetkovf, N. N., Albitskaya, M. A., Belova, N. A., 1989, "Biological features of forest ecosystems and forest reclamation of man-made landscapes of the Western Donbass", *Problems of protection, management and restoration black soil*, Moscow, Nauka, pp. 175–207.

Травлев Л. П. О локальных коэффициентах увлажнения эдафотопов в лесных биогеоценозах степной Украины / Л. П. Травлев // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. – Д. : ДГУ, 1976. – Вып. 6. – С. 37-43.

Travleev, L. P., 1976, "Local factors dampening edafotop in forest ecosystems of the steppe of Ukraine", *Questions steppe of Forest and Environment*, Dnepropetrovsk, DSU, 6, pp. 37–43.

Рекомендує до друку
чл.-к. НАНУ, д-р біол. наук А. П. Травлев

Надійшла до редколегії 07.02.13